

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-284257

(43)Date of publication of application : 15.10.1999

(51)Int.Cl.

H01S 3/094

H01S 3/16

(21)Application number : 10-086689

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 31.03.1998

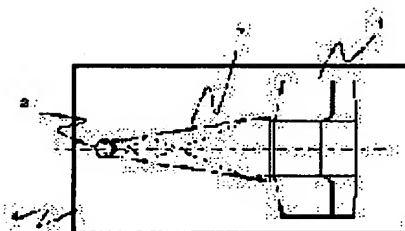
(72)Inventor : KUDO HIDEETSU

## (54) SEMICONDUCTOR LASER EXCITED SOLID LASER DEVICE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To avoid degradation of beam quality in high-output TEM00 mode by allowing high-output TEM00 mode at high efficiency and reducing thermal distortion of a solid laser medium due to high cooling efficiency, and to make position adjustment of a semiconductor laser easy at assembly or replacement of a semiconductor laser.

SOLUTION: An LD optical transfer plate 2 which is transparent and about 1 mm thickness with its side surface tapered, and a solid laser medium 3 of disk or regular polygon wherein the thickness contacting to the LD optical transfer plate 2 is almost same with it while  $3 \times 3$  mm or less or  $\phi 3$  mm or less in size are used, so that the component in vertical direction of the excitation light coming out of an LD1 is efficiently transferred in the solid laser medium through total reflection while light collected evenly to a width near TEM00 mode oscillation region to some extent in horizontal direction, for even excitation of a solid laser medium at high excitation density. The solid laser medium 3 is thin plate-like, contacting to a cooling plate 4 by surface.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 31.03.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 08.05.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-284257

(43)公開日 平成11年(1999)10月15日

(51)Int.Cl.  
H01S 3/094  
3/16

識別記号

F I  
H01S 3/094  
3/16

S

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平10-86689

(22)出願日 平成10年(1998)3月31日

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社  
東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 工藤 秀悦

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

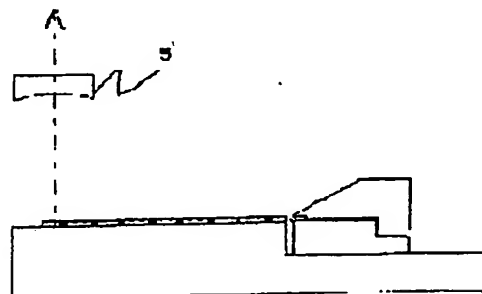
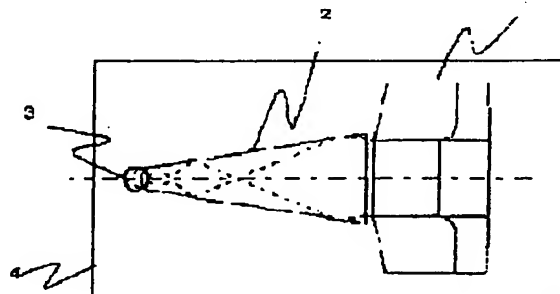
(74)代理人 弁理士 京本 直樹 (外2名)

(54)【発明の名称】 半導体レーザ励起固体レーザ装置

(57)【要約】 (修正有)

【課題】 高効率で高出力T E M<sub>00</sub>モードを得ることを可能とし、高い冷却効率により固体レーザ媒質の熱歪みを低減することで、高出力T E M<sub>00</sub>モードでのビーム品質を劣化させない。また組立時や半導体レーザの交換時に半導体レーザの位置調整を容易にする。

【解決手段】 透明で厚さが約1mm程度の側面がテーパ状になったL D光伝送板2と、これに接する厚みがL D光伝送板2とほぼ同じで3×3mm以下又はφ3mm以下の大きさの固体レーザ媒質3を用いることにより、L D 1 から出射した励起光の垂直方向成分を全反射により固体レーザ媒質中に効率良く伝搬させることができ、水平方向にはある程度T E M<sub>00</sub>モード発振領域に近い幅までかつ均一に集光されるため、固体レーザ媒質を高い励起密度で均一に励起できる。また、固体レーザ媒質3は薄い板状で冷却プレート4に面で接している。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】固体レーザ媒質を励起する励起光を出射するアレー型の半導体レーザと、

前記半導体レーザのアレー方向の発光幅に対応する幅をもつ入射端面と固体レーザ媒質の TEM<sub>00</sub>モード発振領域の幅に近い幅をもつ出射端面とを有し半導体レーザのアレー方向と垂直方向の発光幅に対応する厚さの光伝送板と、

前記光伝送板の出射端面に接して設置され前記光伝送板に対応する厚さを有する円板または正多角柱の固体レーザ媒質とを有することを特徴とする半導体レーザ励起固体レーザ装置。

【請求項 2】固体レーザ媒質を励起する励起光を出射する複数のアレー型の半導体レーザと、前記半導体レーザとそれぞれ対応して設置され、前記半導体レーザのアレー方向の発光幅に対応する幅をもつ入射端面と固体レーザ媒質の TEM<sub>00</sub>モード発振領域の幅に近い幅をもつ出射端面とを有し半導体レーザのアレー方向と垂直方向の発光幅に対応する厚さの前記半導体レーザのアレー方向の発光幅に対応する幅をもつ平面状の入射端面と固体レーザ媒質の TEM<sub>00</sub>モード発振領域の幅に近い幅をもつ出射端面とを有し半導体レーザのアレー方向と垂直方向の発光幅に対応する厚さの光伝送板と、前記複数の前記光伝送板及び複数の前記半導体レーザを前記固体レーザ媒質を中心に放射状にほぼ等間隔にかつ前記複数の光伝送板の出射端面に接して設置され、前記光伝送板に対応する厚さを有する円板または正多角柱の固体レーザ媒質とを有することを特徴とする半導体レーザ励起固体レーザ装置。

【請求項 3】前記半導体レーザ励起固体レーザ装置を構成するすべての前記固体レーザ媒質、前記光伝送板及び前記半導体レーザを固定し冷却する単一の冷却プレートを更に有することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の半導体レーザ励起固体レーザ装置。

【請求項 4】前記光伝送板の前記側面は、前記励起光の波長に対して高反射率となる誘電体多層膜又は金属膜を蒸着等の手段でコーティングを有することを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の半導体レーザ励起固体レーザ装置。

【請求項 5】前記光伝送板は、前記入射端面からの入射光を全反射する角度で出射端面に向かって間隔が狭まることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の半導体レーザ励起固体レーザ装置。

【請求項 6】前記光伝送板は、厚さが 1 mm 以下であり、前記固体レーザ媒質は、直径が約 3 mm である請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の半導体レーザ励起固体レーザ装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、固体レーザ装置に

関し、特に半導体レーザを励起光源として用いる半導体レーザ励起固体レーザ装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来のこの種の半導体レーザ励起固体レーザ（以下 LD 励起固体レーザという）においては、半導体レーザ（以下 LD という）から出射された励起光を、ロッド状の固体レーザ媒質を端面に照射して励起する端面励起方式と、LD からの励起光をロッド状の固体レーザ媒質を側面から励起する側面励起方式とが一般的によく用いられている。

【0003】従来の LD 励起固体レーザにおいて、高出力の TEM<sub>00</sub>モード出力を得る場合には、端面励起方式では、多数個の LD からの励起光を固体レーザ媒質の光軸上に集光するために複雑な光学系を用いたり、励起光を光ファイバに結合させて束ねたりしていた。

【0004】また、側面励起方式では、LD からの励起光を円柱レンズでロッドの軸に平行な方向に線状に集光してロッド状固体レーザ媒質の側面外周から照射して励起したり、あるいは、特開平 9 - 1 8 0 7 2 で示されるように励起光を拡散伝搬光学系を用いて固体レーザ媒質を均一励起する方式を取っていた。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述の従来の端面励起方式での従来技術においては、第 1 に固体レーザ媒質の TEM<sub>00</sub>モード発振領域内に効率良く複数の LD 光を集光させるために、特殊な光学系を用いたり複数のファイバに LD 光を入射させて束ねたものを用いなければならず、光学系が複雑、高価になる。

【0006】また、第 2 に、端面励起方式では局所的に熱が集中するので、励起入力が増加にともなって固体レーザ媒質の熱レンズ効果や熱複屈折が大きくなるために、励起入力が大きくなると固体レーザ出力が飽和し、ビーム品質が低下する。

【0007】また、上述の特開平 9 - 1 8 0 7 2 に示されるように励起光を拡散する形で固体レーザ媒質を均一に励起する側面励起方式では、固体レーザの TEM<sub>00</sub>モード領域以外も広く励起するため、励起光と発振光の空間的マッチングの割合が低下し、発振しきい値も上昇するため、発振効率が低下する。

【0008】本発明の目的は、簡易な光学系で高効率で高出力 TEM<sub>00</sub>モードを得るとともに、冷却効率が高く、固体レーザ媒質の熱歪みが少なく、したがって高出力時のビーム品質が劣化しない LD 励起固体レーザ装置を提供することである。

【0009】また、装置組立時及び励起用 LD 交換時における LD の位置調整を容易にする。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、固体レーザ媒質を励起する励起光を出射するアレー型の半導体レーザと、前記半導体レーザのアレー方向の発光幅に対応する

幅をもつ入射端面と固体レーザ媒質のTEM<sub>00</sub>モード発振領域の幅に近い幅をもつ出射端面とを有し半導体レーザのアレー方向と垂直方向の発光幅に対応する厚さの光伝送板と、前記光伝送板の出射端面に接して設置され前記光伝送板に対応する厚さを有する円板または正角柱の固体レーザ媒質とを有している。

【0011】本発明では、アレー型のLDの励起光が光伝送板のLDのアレー方向の幅に対応するテーパの広い側の入射端面より入射し、光伝送板の厚み方向では全反射を繰り返し、水平方向にはテーパ状の側面で反射しながら固体レーザ媒質のTEM<sub>00</sub>モード発振領域の幅に近い幅をもつ出射端面の幅まで集束するよう伝搬し、LD光伝送板の出射端面は固体レーザ媒質の側面に接し、LDから出射した励起光は固体レーザ媒質を励起する。固体レーザ媒質のTEM<sub>00</sub>モード領域の幅に近い幅の範囲を均一に励起するため、励起効率が良く、TEM<sub>00</sub>モードが高効率で得られる。また、アレー型LDからの励起光を集束するのに半導体レーザのアレー方向と垂直方向の発光幅に対応する厚さの光伝送板を用いるのみであり、特殊な光学系を用いたり複数のファイバにLD光を入射させて束ねたものを用いることなく簡易な光学系でアレー型LDからの励起光を集束することができる。また、固体レーザ媒質は薄い板状のために冷却効果が高く、温度勾配も厚み方向に発生するため、熱レンズ効果や熱歪みが軽減され、ビーム品質の劣化が防げる。

#### 【0012】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。図1(a)は本発明の第1の実施の形態の構成を示す平面図である。また、図1(b)は、図1(a)のLD励起固体レーザ装置の側面図である。

【0013】固体レーザ媒質3を励起するための励起光を出力するLD1と、LD1から出力された励起光を、固体レーザ媒質3まで伝送するLD光伝送板2と、励起光により励起される固体レーザ媒質3が、平板状の冷却プレート4上に設置されている。

【0014】LD1は、冷却プレート4に設置され、固体レーザ媒質3の吸収が良い波長で発振するアレー型LDである。

【0015】LD光伝送板2は、直線状の端面をLD1の線状の光出射部分に近接して冷却プレート4に設置され、アレー方向と垂直な方向の発光幅を入射できる程度の薄さで、また、ほぼ均一な厚さの板状の光伝送体である。また、LD光伝送板2の1対の側面がテーパ状になった台形状の形状を有しており、テーパの広がった底辺側が入射端面としてLD1側に対向し、反対側のテーパの狭くなった側が出射端面として固体レーザ媒質3に接して設置されている。出射端面は、固体レーザ媒質のTEM<sub>00</sub>モード発振領域の幅よりは大きい、それに近い幅、例えばTEM<sub>00</sub>モード発振領域の4倍程度以内

の幅をもっている。LD光伝送板2の材質は、LD1の発振光に対して透過率の高い材質を用いる。

【0016】また、熱伝導率が良く、熱膨張係数が固体レーザ媒質3の熱膨張係数に近いものが望ましい。また、LD光伝送板2は、温度により膨張収縮する固体レーザ媒質3との接触を保つように冷却プレート4に取り付けられている。LD光伝送板2のテーパ状の側面は、励起光の波長に対して高反射率となる誘電体多層膜又は金属膜を蒸着等の手段でコーティングする。

【0017】固体レーザ媒質3は、厚さがLD光伝送板2と同程度の円板状のレーザ媒質であり、直径がLD光伝送板2の出射端面の幅とほぼ等しいか、やや大きい。冷却プレート4のLD光伝送板2の設置された面と同一面上に設置されている。固体レーザ媒質3の冷却プレート4側の面には、出力する発振波長に対して高反射となるミラーコーティングが施されレーザ共振器の一方を構成する。

【0018】図1(b)に示されるように、固体レーザ媒質3の冷却プレート4に接する側と反対側に出力鏡5が配置され、上述の固体レーザ媒質3のミラーコーティングと出力鏡5とでレーザ共振器を構成する。

【0019】冷却プレート4は、レーザ媒質3、LD1、LD光伝送板2を固定し、また、レーザ発振及びレーザ光の吸収等により発熱する各要素を冷却する。

【0020】LD1から出射した励起光は、LD光伝送板2に入射し、垂直方向はLD光伝送板2の厚み方向においては全反射し、水平方向はテーパ部に施された高反射コーティングにより反射しながら出射端において収束する。LD光伝送板2内を収束しつつ伝搬してきた励起光は、出射端で接触している固体レーザ媒質3に伝搬して均一に励起する。この励起により固体レーザ媒質3にエネルギーの反転分布が形成される。固体レーザ媒質3の冷却プレート4側の面は、発振波長に対して高反射となるミラーコーティングが施され、出力鏡5とでレーザ共振器を構成しており、TEM<sub>00</sub>モードレーザ光が発振する。

【0021】レーザ媒質3は、上記のように非常に薄い円板状の形状であり、また、冷却プレート4上に底面全体で密着して固定されているので冷却されやすく、熱レンズ効果や熱複屈折の効果が小さくビーム品質の低下は小さい。

【0022】次に、本発明の実施例について詳細に説明する。固体レーザ媒質3は、φ3mm、厚さ0.5mmのNd:YAG結晶である。固体レーザ媒質3をこれ以上太くしても出力光の径はTEM<sub>00</sub>モードではφ1mm程度であり、太くならないため効率の点からφ3mmが好ましい。LD1は発振出力が20W、発光部の幅が10mmで発振中心波長はNd:YAG結晶の吸収がよい809nmである。LD光伝送板2はNd:YAGとほぼ同じ屈折率を有した、活性イオンをドープしていな

い Y A G 結晶を用いる。L D 光伝送板 2 の入射面は L D 1 の発光幅よりわずかに広く、出射面は固体レーザ媒質 3 の側面にオプティカルコンタクトで接している。L D 光伝送板 2 のテーパ状側面は、励起光の波長 8 0 9 n m に対して高反射率となる誘電体多層膜を蒸着している。また、固体レーザ媒質 3 の冷却プレート 4 側の面には N d : Y A G の発振波長 1 . 0 6  $\mu$  m に対して高反射となるミラーコーティングを施し、出力鏡 5 とでレーザ共振器を構成する。

【 0 0 2 3 】 この構成により固体レーザの出力は、5 ~ 10 W の出力を実現でき、端面励起方法では、固体レーザ媒質内の温度差が通常 3 0  $^{\circ}$  C 程度になるが、この実施例では 1 0  $^{\circ}$  C 程度に抑えられる。

【 0 0 2 4 】 次に、本発明の第 2 の実施の形態について図 2、図 3 を参照して説明する。

【 0 0 2 5 】 図 2 は、第 2 の実施の形態の平面図であり、図 3 は、図 2 の L D 励起固体レーザの断面図である。

【 0 0 2 6 】 本実施の形態は、上述の第 1 の実施の形態における L D 1 と L D 光伝送板 2 の組みを、固体レーザ媒質 3 の周りに放射状に 4 個配置する。

【 0 0 2 7 】 各 L D 1 は冷却プレート 4 の同一高さの面上に平行に設置されている。

【 0 0 2 8 】 また、各 L D 1 に対応する L D 光伝送体 2 も、冷却プレート 4 の同一面上に設置されている。各 L D 光伝送板 2 の出射端は、固体レーザ媒質の直径よりわずかに狭い幅を有しており、各 L D 光伝送板 2 の出射端は固体レーザ媒質 3 の側面に、それぞれ隣の L D 光伝送体 2 と 9 0 度異なる方向からオプティカルコンタクトで接している。

【 0 0 2 9 】 また、図 3 に示すように、固体レーザ媒質 3 の冷却プレート 4 に接する側と反対側に出力鏡 5 が配置され、冷却プレート 4 側の面に施されたミラーコーティングと出力鏡 5 とでレーザ共振器を構成する。

【 0 0 3 0 】 これにより、励起入力を増加し、L D 1 の個数の増加に比例して簡便に T E M o o モード出力の増加が可能になる。また、周方向にほぼ等間隔に複数の励起光を照射するので、側面の一部のみではなく側面全体が均一に温度上昇し、温度勾配は主に厚み方向に発生するため、熱レンズ効果や熱複屈折の効果が第 1 の実施の形態よりさらに小さい。また、励起光を照射する数は 4 以上の出力手段を固体レーザ媒質 3 の周囲に設置することによりさらに高出力のレーザ出力を得ることができる。この場合、固体レーザ媒質 3 の直径は、L D 光伝送板 2 同士が干渉しないように出射端面より十分大きな径とする必要がある。または、固体レーザ媒質 3 の直径を、L D 光伝送板 2 の出射端面と同等にする場合は、固体レーザ媒質 3 の出力光の方向の長さを 2 倍にし、上段部分を照射する L D 光伝送板 2 及び L D 1 の組と下段部分を照射する組とを交互に異なる高さに冷却プレート 4

上に配置するようにしてもよい。

【 0 0 3 1 】 また、固体レーザ媒質 3 の側面を、L D 光伝送板 2 の出射端の形状にあわせて L D 1 の数の正多角形としてもよい。逆に、L D 光伝送板 2 の出射端の形状を固体レーザ媒質 3 の側面形状にあわせてシリンドリカル面としてもよい。これにより、固体レーザ媒質 3 と L D 光伝送板 2 との接触性が良くなり、励起光の伝達効率がよくなり、高出力化が可能となる。また、一つの L D により励起する場合でも、固体レーザ媒質 3 を正多角柱としてもかまわない。

【 0 0 3 2 】 また、L D 光伝送体 2 のテーパの角度を、所定の角度以下にすると、L D 1 から入射した光はすべて、側面で高反射率で全反射されるので、誘電体多層膜等のコーティングが不要となり、低コスト化が可能となる。

【 0 0 3 3 】 また、この場合、屈折率の大きい材質のものがテーパの角度をそれほど小さくしなくてもよく、L D 光伝送板の長さを短くでき、望ましいまた、入射面、出射面ともに無反射コーティングを施してもよい。

【 0 0 3 4 】 また、他の波長でレーザ発振するような固体レーザ媒質、ミラーコーティング、L D のあらゆる組み合わせにおいて、L D 光伝送体の材質をその波長を高透過率で透過する材質とし、また、側面にその波長を高反射率で反射するコーティングを施したのも本発明に含まれる。

【 0 0 3 5 】

【発明の効果】 以上説明したように、本発明によれば、厚さ 1 m m 程度以下の、側面がテーパ状になった L D 光伝送板と、L D 光伝送板と同程度の厚みの固体レーザ媒質とを接触させ、アレー型高出力 L D を L D 光伝送板の入射端に近接させるという簡易な光学系で固体レーザ媒質の高効率な励起が可能となり、簡易な光学系で T E M o o モードでの高出力化を高効率で実現できる。

【 0 0 3 6 】 また、L D 光伝送板により、固体レーザ媒質に照射される励起光が水平方向に均一となるため、端面励起方式のような局所的な温度上昇が起こらない。

【 0 0 3 7 】 さらに、薄い板状の固体レーザ媒質を用いているため、冷却効果が高く、熱レンズ効果や熱複屈折による共振器内部の光学的損失が小さく、固体レーザのビーム品質が向上する。

【 0 0 3 8 】 また、L D 1 と L D 光伝送板 2 の組みを、固体レーザ媒質 3 の周りに放射状に複数配置することにより、励起入力を増加し高出力とすることが可能となるとともに側面全体が均一に温度上昇するので熱レンズ効果や熱複屈折の効果が小さくビーム品質がよくなる。

【 0 0 3 9 】 また、L D 光伝送板 2 と L D 1 の間隔、上下左右の位置合わせは、高い精度で位置決めしなくても L D 伝送板 2 の出射端から出射される励起光に及ぼす影響がレンズ光学系にくらべて少なく、組み立て時及び L D 交換時の取り付け位置調整が容易である。

【0040】また、固体レーザ媒質が薄くレーザ発振器を構成するミラー間の距離が短くできるのでQスイッチレーザに利用すると、スイッチパルスを短くすることが可能となり高出力のパルスレーザを出力することが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態の構造を示す図であり、(a)は平面図であり、(b)は側面図である。

【図2】本発明の第2の実施の形態の構造を示す平面図

である。

【図3】図3のLD励起固体レーザ装置の断面図である。

【符号の説明】

- 1 LD
- 2 LD光伝送板
- 3 固体レーザ媒質
- 4 冷却プレート

